

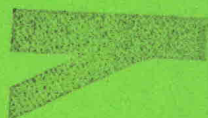
**SELVITYS PAAKKUUNTUMISEN ESTOAINEENA
KÄYTETYN KALIUMFERROSYANIDIN
VAIKUTUKSESTA KASVILLISUUTEEN**

TIE JA VESIRAKENNUSLAITOS 1982
HELSINGIN KAUPUNKI

HELSINGIN YLIOPISTO

TVH 743219

08
TIE



Tielaitos
Tienhallituksen kirjasto

SELVITYS PAAKKUUNTUMISEN ESTOAINEENA KÄYTETYN
KALIUMFERROSYANIDIN VAIKUTUKSESTA KASVILLISUUTEEN

TIE- JA VESIRAKENNUSLAITOS 1982

HELSINGIN KAUPUNKI

HELSINGIN YLIOPISTO

TVH 743219

ISBN 951 - 46 - 5526 - 5

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Tie- ja vesirakennushallituksen kunnossapitotoimiston ja Helsingin kaupungin tilauksesta Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitos teki talvikaudella 1980...1981 tutkimuksen, jonka tarkoituksena oli selvittää tiesuolan paakkuuntumisestoaineena käytetyn kaliumferrosyanidin $K_4 [Fe(CN)_6]$ vaikutuksia tienvarsi- ja keskikaistaistutuksissa käytettäviin puuvartisiin koristekasveihin.

Puutarhatieteen laitoksella tutkimuksen teki yo Liisa Rintamäki MMK Marie Rannikon johdolla ja vt. professori Erkki Kaukovirran valvonnassa.

Lisäksi työtä on valvonut seuraava työryhmä:

Anne Leppänen, TVH/Kp, puh.joht.

Georg Dunkel, TVL/U-piiri

Mikko Eskola, TVH/Kl

Eino Hiltunen, TVL/U-piiri

Markku Suhonen, HKR

Isto Perkiö, HKR

Göran Strandström, TVH/Sts

Maire Rannikko, Puutarhatieteen laitos, siht.

Tämä tutkimusraportti on tehty tie- ja vesirakennushallituksen kunnossapitotoimistossa.

DI Anne Leppänen

SISÄLLYSLUETTELO:

	sivu
1. TUTKIMUKSEN TAUSTA	1
2. KOEJÄRJESTELYT JA KOETULOKSET	5
2.1 Yleistä	5
2.2 Astiakoe kasvihuoneella	5
2.21 Astiakokeen koejärjestelyt	5
2.22 Astiakokeen tulokset	5
2.3 Ruiskutuskoe keskikaista-alueella	8
2.31 Keskikaistakokeen koejärjestelyt	8
2.32 Keskikaistakokeen tulokset	8
2.4 Astiakoe keskikaista-alueella	9
2.41 Keskikaista-alueen astiakokeen koe- järjestelyt	9
2.42 Keskikaista-alueen astiakokeen tulokset	11
2.5 Ruiskutuskoe puutarhatieteen laitoksella ulko-olosuhteissa	11
2.51 Ruiskutuskokeen koejärjestelyt	11
2.52 Ruiskutuskokeen tulokset	13
3. YMPÄRISTÖOLOSUHTEIDEN SELVITYS	14
3.1 Sääolojen kehitys	14
3.2 Talvisuolaus	16
3.3 Muut ympäristötekijät	17
4. YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT	18

1. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää, mitkä ovat tie-suolan paakkuuntumisenestoaineena käytetyn kaliumferrosyanidin vaikutukset tienvarsi- ja keskikaistaistutuksissa käytettäviin puuvartisiin koristekasveihin.

Lähtökohtana ovat olleet havainnot, joiden mukaan vuosina 1978 ja 1979 on tavallista enemmän ollut vaurioita tienvarsisikasvillisuudessa. Vaurioita ilmeni nimenomaan sellaisissa kasvilajeissa, jotka aikaisemman kokemuksen mukaan kestivät hyvin suolan vaikutuksia sekä muita tieliikenteen aiheuttamia rasituksia. Vauriot ovat ilmenneet puiden ja pensaiden kuolemisina tai lehtien ja koko puun epämuodostumina (kuva 1).



Kuva 1. Epämuodostuneita koivuja moottoritien varrella.

Koska vauriot ilmenivät myös sellaisissa kasveissa, jotka aikaisemmin olivat säilyneet hyvin tienvarsilla (esim. Vt 3:n keskikaistalla olevat orapihlajat, [*Crataegus grayana*]), tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan irtosuolassa käytetyn paakkuuntumisestoaineen vaikutuksia kasvillisuuteen.

Suomessa siirryttiin laajemmassa mitassa irtosuolan (NaCl) käyttöön aikaisemman säkkisuolan asemesta talvikaudella 1977...1978, joten kasvien vaurioituminen ajoittui juuri

samaan ajanjaksoon. Tämä antoi aiheen epäillä, että vaurioitumisen syynä olisi irtosuolassa käytetty paakkuuntumisestoaine, jota tosin käytetään tavallisessa ruokasuolassakin. Myöskään paakkuuntumisestoainepitoisuuden ei pitänyt ylittää ruokasuolassa sallittua määrää (max 0,002%).

Pistokokeet osoittivat, että tiesuolassa paakkuuntumisestoaine oli epätasaisesti jakautunut. Paikoitellen saattoi olla jopa 100-kertaisia pitoisuuksia ja 10-kertaiset pitoisuudet olivat hyvin tavallisia.

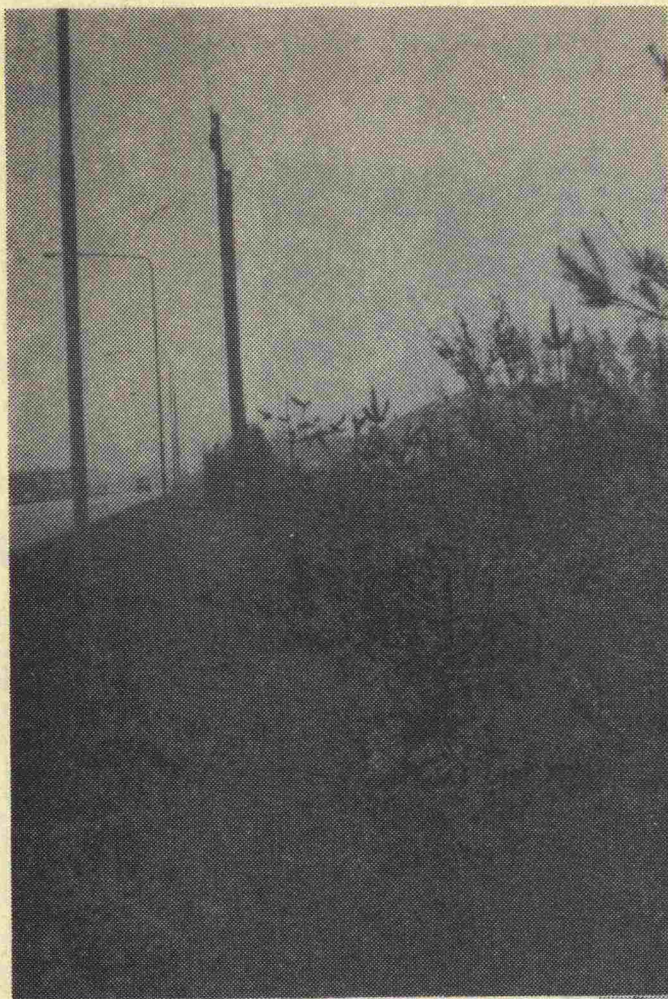
Puiden vauriot olivat selvästi paikallisia. Ne olivat säännönmukaisesti puiden tienpuoleisilla sivuilla, minkä vuoksi pääteltiin, että aine ei vaikuta juuriston kautta vaan suolasumuna (kuva 2). Sumuvaikutus ilmenee hyvin kuvassa 3, jossa näkyvät Malmin hautausmaan aidan vieressä olevat sembramännyt (*Pinus sembra*) ja tuijat (*Thuja occidentalis*). Aidan suojassa olevat oksat ovat vihreitä. Sen sijaan oksat, jotka ovat aidan yläpuolella ovat kellastuneet tai kuolleet. Hautausmaan käytävän puolella olevat oksat ovat vihreitä ja hyväkuntoisia (kuva 4).

Oksista tehtiin analyysi, jonka tulokset ovat taulukossa 1. Syanidipitoisuuden analysoiminen kasviaineksesta on vaikeaa, joten syanidianalyysiä ei tehty. Näytteet on otettu samasta yksilöstä suojatuista ja suojaamattomista oksista.

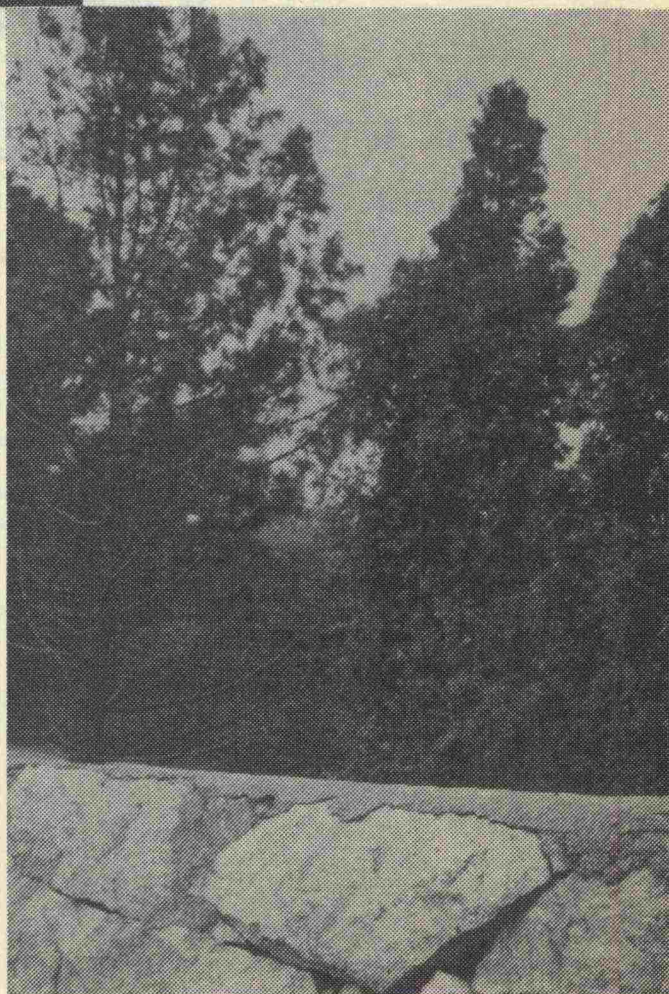
Taulukko 1: Kemiaallinen kasvianalyysi Malmin hautausmaan sembramännystä.

Näyte	Typpi %	Kalium mg/g	Fosfori mg/g	Natrium mg/g	Rauta mg/g	Kloori g/kg
Terve	1.83	8.2	2.0	1.39	301	1.87
Kellastunut	1.83	7.5	2.2	3.90	260	2.83

Rauta- ja kaliumpitoisuudet ovat alhaisemmat kellastuneissa oksissa kuin vihreissä. Tämän perusteella tuskin syanidipitoisuuskään olisi korkeampi kellastuneissa näytteissä. Natrium- ja klooripitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kellastuneissa oksissa kuin vihreissä, mikä

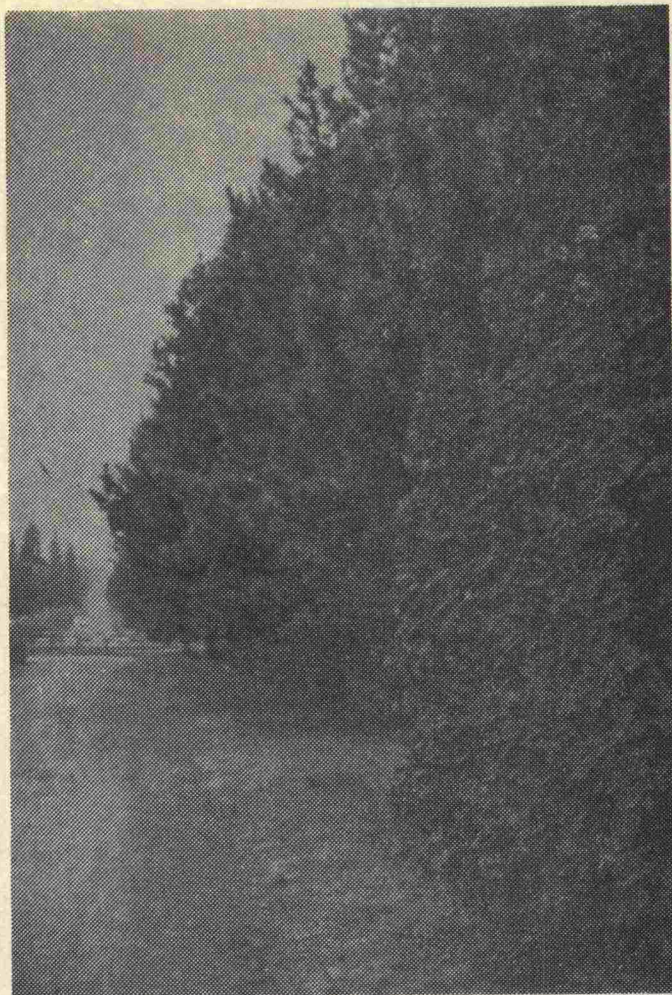


Kuva 2. Vaurioituneita mäntyjä
moottoritien varrella.



Kuva 3. Kellastuneita oksia
Malmin hautausmaan
sempramännnyissä ja
tuijissa.

johtuu ilman kautta tulleeesta suolasta.



Kuva 4. Hyväkuntoisia sembramäntyjä ja tuijia
hautausmaan käytävän puolella.

2. KOEJÄRJESTELYT JA KOETULOKSET

2.1 Yleistä

Tutkimuksessa keskityttiin ruiskutuskokeisiin. Tutkimus jakautui neljään osaan seuraavasti:

- astiakoe, joka tehtiin puutarhatieteen laitoksella
- ruiskutuskoe keskikaista-alueella
- astiakoe keskikaista-alueella (kontrollitaimet Helsingin kaupungin puisto-osaston taimistolla) ja
- ruiskutuskoe puutarhatieteen laitoksella ulko-olosuhteissa.

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää paakkuuntumisestoaineen vaikutuksia kasveihin niiden maanpäällisten osien kautta.

2.2 Astiakoe kasvihuoneella

2.21 Astiakokeen koejärjestelyt

Astiakokeessa tutkittavana kasvilajina oli kiiltävä tuhka-pensas (*Cotoneaster lucidus*). Taimet oli istutettu ruukkuihin. Taimien sumutus kaliumferrosyanidilla aloitettiin parin viikon kuluttua istutuksesta. Sumutusliuoksina käytettiin 0,5%:n suolaliuosta ja pelkkää vettä. Näihin liuoksiin oli lisätty kaliumferrosyanidia eri määrät. Pitoisuudet vaihtelivat 0...1000 ppm.

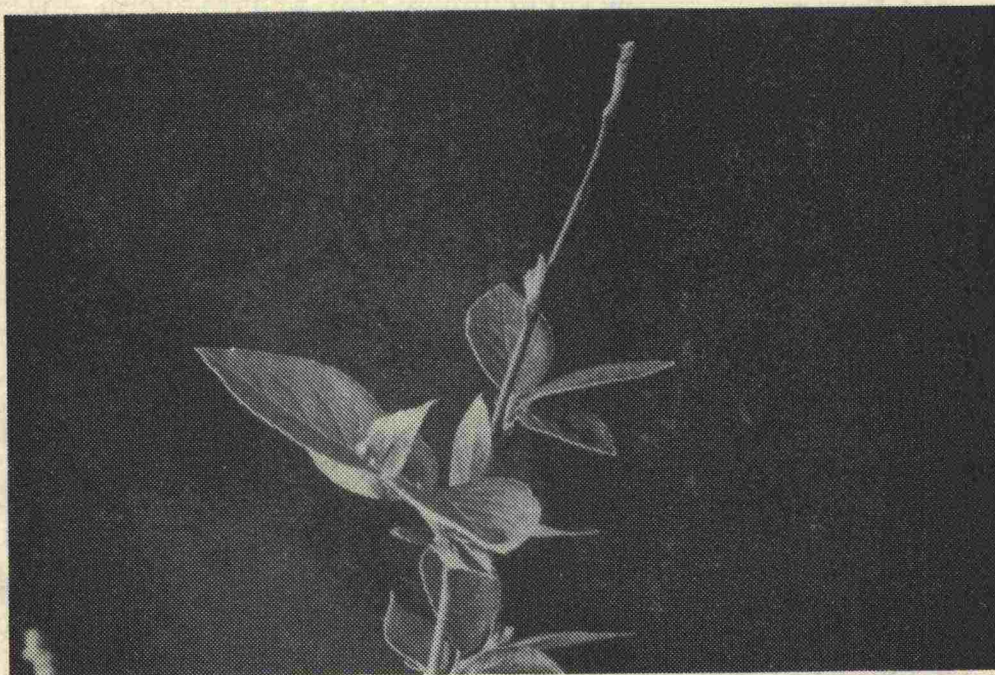
2.22 Astiakokeen tulokset

Kun taimia oli sumutettu kolmannen kerran, jäi versojen kärkiin vihertävä kerros koejäsenissä, joissa kaliumferrosyanidipitoisuus oli 1000 ppm (sekä vesi- että suolaliuoksessa). Viidennen sumutuksen jälkeen vihertävä kerros näkyi myös koejäsenissä, joissa kaliumferrosyanidipitoisuus oli 100 ppm.

Kokeessa seurattiin lehtien puhkeamisnopeutta. Muistiin merkittiin päivät, jolloin lehdistä oli auennut 25%, 50%, 75% ja 100%.

Suolaliuos aiheutti enemmän versojen kuolemista kuin vesiliuos. Alhaiset kaliumferrosyanidikonsentraatiot aiheuttivat versojen kuolemista enemmän kuin korkein konsentraatio. Erityisen selvästi tämä näkyy, kun kaliumferrosyanidi on suolaliuoksessa.

Silmujen puhkeamattomuus ja versojen kuoleminen ilmeni lähinnä kuolleina latvoina (kuva 5). Pelkällä vedellä sumutetuissa taimissa oli myös kuolleita latvoja. Latvojen kuolemista ei voida pitää kaliumferrosyanidista johtuvana, vaan se on ilmeisesti aiheutunut muista tekijöistä.



Kuva 5. Tuhkapensaalla verson latva on kuollut. Lehdet ovat terveitä.

Taimissa, joille kaliumferrosyanidi annettiin vesiliuoksessa, oli jonkin verran käpristyneitä lehtiä. Lehtien käpristyminen oli kuitenkin hyvin vähäistä. Koejäsenissä, joissa ruiskutus tehtiin suolaliuoksella, ei lehtien käpristymistä ilmennyt. Sen sijaan kaikissa suolaliuoksella sumutetuissa koejäsenissä lehtien kärkiä ruskettui. Tätä ruskettumista tapahtui noin 70%:lla taimista, eikä eri kaliumferrosyanidipitoisuuksien välillä ollut eroja.

Myös lehtien kasvua seurattiin. Kustakin koejäsenestä valittiin 15 lehteä, jotka mitattiin lehden pituus-suunnassa. Lehdet kasvoivat suunnilleen samaa vauhtia kaikissa koejäsenissä ja olivat yhtä suuria koko ajan.

Eri kaliumferrosyanidikäsittelyjen välillä ei ollut mitään merkittäviä eroja. Yleiskuva pensaista oli hyvä. Ne olivat kauniin tummanvihreitä ja kaikki tulivat ajallaan kukkaan. Muutamassa taimessa oli kuolleita oksia tai käpristyneitä lehtiä, mutta ne eivät rajoittuneet selvästi mihinkään koejäseneseen. Versojen latvojen kuoleminen oli yleistä kaikissa koejäsenissä.

Suola-kaliumferrosyanidiliuoksella käsiteltyt taimet puhkesivat lehteen hieman hitaammin kuin vesi-kaliumferrosyanidiliuoksella käsiteltyt. Kun kaliumferrosyanidikonsentraatio oli 1000 ppm, lehdet puhkesivat nopeammin kuin konsentraation ollessa alhaisempi. Konsentraation ollessa 1 ppm, 10 ppm tai 100 ppm puhkeaminen oli suunnilleen yhtä nopeaa. Näin tapahtui sekä kaliumferrosyanidin ollessa vesiliuoksessa että suolaliuoksessa.

Kaikissa koejäsenissä oli taimia, jotka eivät puhjenneet täysin lehteen. Lähinnä tämä johtui versojen latvojen kuolemista. Jossain taimissa oli myös kokonaan kuolleita oksia, jolloin vain 25% silmuista puhkesi lehteen. Taulukossa 2 on esitetty niiden taimien osuus koko taimimäärästä, jotka eivät ole puhjenneet lehteen.

Taulukko 2. Lehteen puhkeamattomien taimien osuus prosentteina koko taimimäärästä.

Koejäsen	Lehteen puhkeamattomia pensaita, %
Vesiliuos	
kaliumferrosyanidipit.	
0 ppm	26.7
1 ppm	20.0
10 ppm	20.0
100 ppm	53.3
1000 ppm	40.0

Koejäsen	Lehteen puhkeamattomia pensaita, %
----------	------------------------------------

Suolaliuos
kaliumferrosyanidipit.

0 ppm	40.0
1 ppm	46.7
10 ppm	53.3
100 ppm	53.3
1000 ppm	26.7

2.3 Ruiskutuskoe keskikaista-alueella

2.31 Keskikaistakokeen koejärjestelyt

Koealue sijaitsi keskikaista-alueella Helsingistä pohjoiseen menevällä valtatiellä (Vt 3).

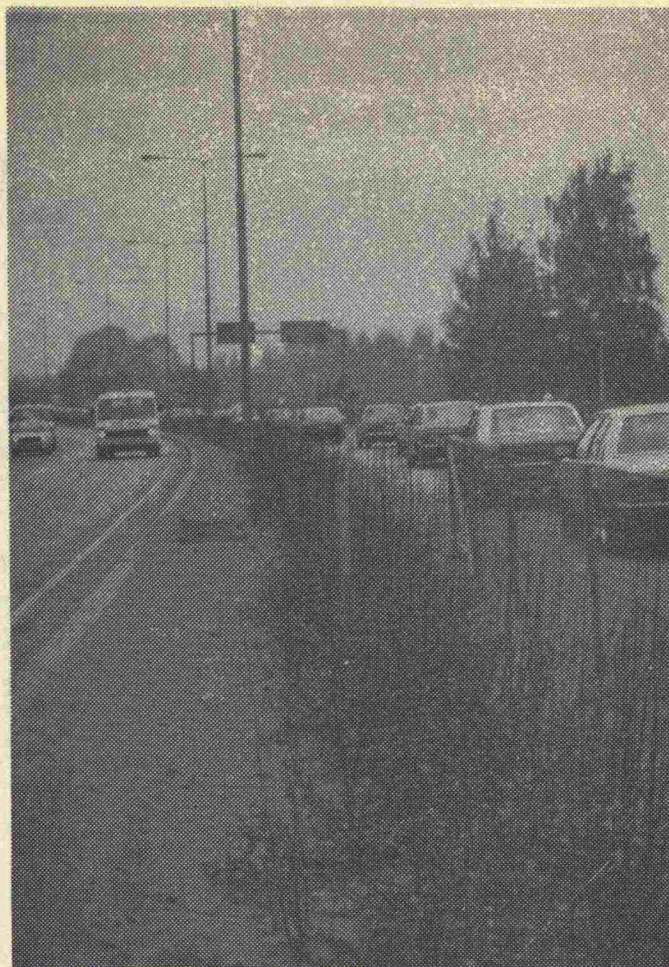
Kasvilajina koealueella oli aitaorapihlaja (Crataegus grayana). Istutus oli vioittunut pahoin vuonna 1979, mutta oli tyvestysleikkauksen jälkeen uusiutunut. Kasvusto oli nyt hyväkuntoista, noin 1,5 m korkeaa.

Normaalin talvisuolauksen lisäksi kasvustoa ruiskutettiin kaliumferrosyanidiliuoksella kaikkiaan kahdeksan kertaa. Ruiskutusliuosten kaliumferrosyanidimäärät vaihtelivat 0...800 mg/l. Liuokseen lisättiin suolaa estämään ruiskun jäätymistä. Suolaliuoksen väkevyys oli 0,5%. Kerralla ruiskutettiin noin 5 litraa ao. liuosta ruutua kohti, joka oli noin 50 m pitkä.

2.32 Keskikaistakokeen tulokset

Kokeessa seurattiin pensaiden lehtien puhkeamisnopeutta samoin kuin astiakokeessa. Silmut alkoivat puhjeta melko myöhään. Vasta 17.5. olivat ensimmäiset lehdet auki. Lehteen puhkeaminen tapahtui kaikissa koejäsenissä yhtä nopeasti. Kaikissa koejäsenissä versojen latvat olivat kuolleet (kuva 6). Yleensä versoista puhkesi lehteen 75%. Kahdessa ruudussa versoista puhkesi vain 25%. Näiden ruutujen kohdalla tiessä oli painaumia, joista roiskeet talvella lensivät koko kasvuston yli. Painaumien kohdilla

koeruuduissa versot oli kokonaan kuolleet.



Kuva 6. Orapihlajien tyviosat ovat puhjenneet lehteen, mutta latvat ovat kuolleet.

Versot puhkesivat lehteen 0,5 - 0,75 m:n korkeudelle asti, minkä yläpuolelta versot olivat kuolleet. Tämä korkeus vastaa talven aikana ollutta keskimääräistä lumen-syvyyttä. Kaikissa koejäsenissä ilmeni jonkin verran myös lehtien epämuotoisuutta.

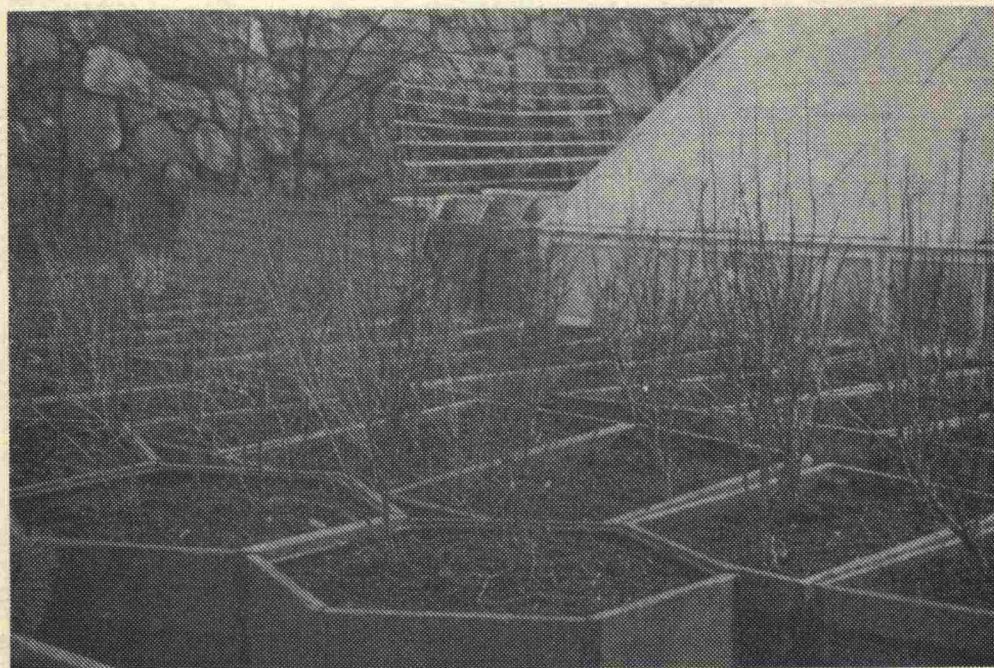
2.4 Astiakoe keskikaista-alueella

2.41 Keskikaista-alueen astiakokeen koejärjestelyt

Keskikaista-alueen astiataimikoe tehtiin samalla alueella kuin keskikaista-alueen ruiskutuskoekin. Kontrollitaimet olivat saasteettomalla alueella Helsingin kaupungin taimistolla. Taimet oli istutettu 1,20 x 0,60 m:n suuruisiin puulaatikoihin, kolme tainta kuhunkin laatikkoon (kuvat 7 ja 8). Kokeen avulla pyrittiin mittaamaan liikenteen aiheuttamaa kokonaishaittavaikutusta.



Kuva 7. Astiataimet keskikaista-alueella valtiatiellä nro 3 Etelä-Haagassa.



Kuva 8. Astiataimet Helsingin kaupunginpuutarhalla.

Seurattavia kasvilajeja oli viisi: koivu (*Betula*), mänty (*Pinus sylvestris*), aitaorapihlaja (*Crataegus grayana*), kiiltävä tuhkapensas (*Cotoneaster lucidus*) ja vaahtera (*Acer platanoides*). Kustakin kasvilajista oli 15 tainta sekä tienvarsialueella että kaupunginpuutarhalla. Taimien kunto oli ennen tienvarsialueelle viemistä hyvä.

2.42 Keskikaista-alueen astiakokeen tulokset

Keskikaista-alueella olleet taimet kuolivat kaikki talven aikana. Kaupunginpuutarhalla olleista kontrollitaimista koivut ja orapihlajat kuolivat. Tuhkapensaista puhkesi lehteen 75% ja vaahteroista 50%. Vaahteroista latvat olivat kuolleet, sen sijaan tyviosien silmut puhkesivat. Männyt olivat vihreitä toukokuun lopulle asti, mutta touko-kesäkuun vaihteessa ne alkoivat kellastua. Syynä taimien kuolemiseen oli ilmeisesti juurien jäätyminen. Tällä kokeella ei voitu todeta liikenteen aiheuttamia haittavaikutuksia, koska yli puolet saasteettomalla alueellakin olleista taimista kuoli.

6.5.1981 otettiin maanäytteet 3 kasvilajin astiasta sekä Etelä-Haagasta että kaupunginpuutarhalta. Maa-analyysin tulokset ovat taulukossa 3. Kalium-, rauta-, kloori-, natrium- ja syanidipitoisuudet ovat suuremmat keskikaista-alueella kuin kaupunginpuutarhalla.

2.5 Ruiskutuskoe puutarhatieteen laitoksella ulko-olosuhteissa

2.51 Ruiskutuskokeen koejärjestelyt

Puutarhatieteen laitoksella tehtiin ulko-olosuhteissa ruiskutuskoe, jossa tutkittavana kasvilajina oli mustamarja-aronia (*Aronia melanocarpa*). Taimet olivat hyväkuntoisia ennen ruiskutuksia. Ruiskutukset tehtiin kaliumferrosyanidiliuoksilla, joiden väkevyydet olivat 0...7000 ppm.

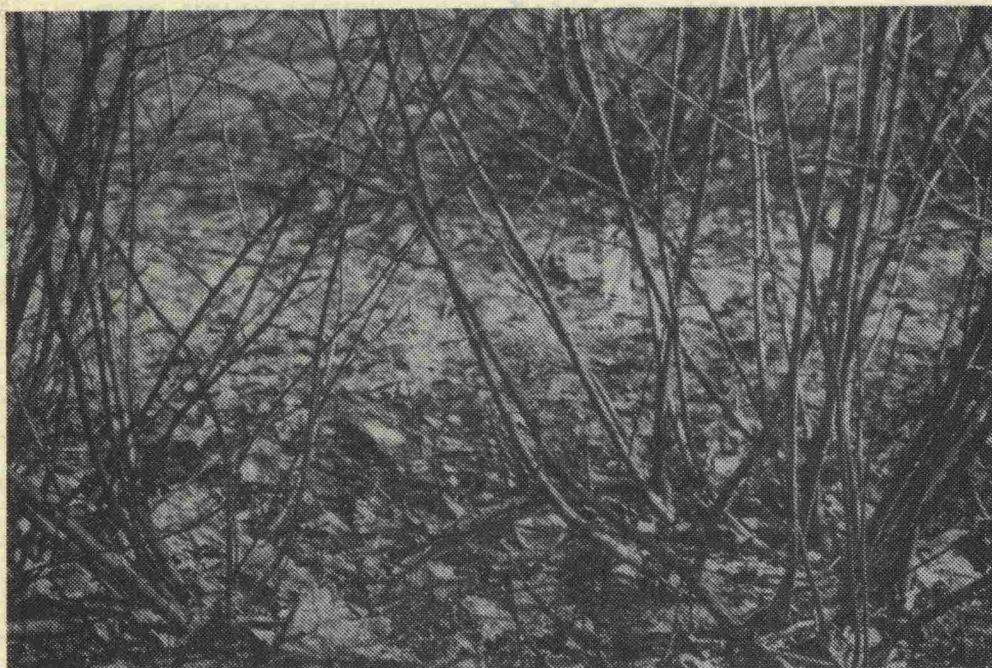
Kokeessa käytetyt kaliumferrosyanidimäärät olivat yli 1000-kertaiset normaaliin verrattuna. Ruiskutusalueella ei ollut liikenteen aiheuttamaa saastevaikutusta.

Taulukko 3. Maa-analyysin tulokset keskikaista-alueelta ja saasteetomalta alueelta.

Näyte	Johto- luku	Happamuus pH	Kalkki mg/l	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Rauta g/l	Kloori mg/l	Syanidi mg/l	Natrium mg/l
<u>Keskikaista-alue</u>									
Orapihlaja	5,8	6,6	3600	290	105	1,33	420	0,31	195
Tuhkapensas	6,0	6,5	3300	285	110	1,40	424	0,38	209
Vaahtera	5,2	6,7	4250	290	100	1,50	256	0,31	160
<u>Saasteeton alue</u>									
Orapihlaja	2,2	6,8	2200	191	85	0,48	98	0,06	26
Tuhkapensas	3,2	6,7	2475	270	105	0,56	92	0,19	29
Vaahtera	2,8	6,8	2650	225	82	0,40	78	0,19	26

2.52 Ruiskutuskokeen tulokset

Aronioiden versot värjäytyivät sinisiksi jo toisen ruiskutuksen jälkeen ja sininen väri voimistui joka ruiskutuskerralla (kuva 9).



Kuva 9. Mustamarja-aronian versot värjäytyivät sinertäviksi jo toisen kaliumferrosyanidiruiskutuksen jälkeen.

Arinioiden lehteenpuhkeamista seurattiin kuten muissakin kokeissa. Pensaat puhkesivat lehteen tasaisesti, eikä eri käsittelyjen välille tullut eroja. Taimet, joita oli ruiskutettu 5000 ppm:n ja 7000 ppm:n vahvuisilla liuoksilla, olivat hieman kärsineet. Lehtiä oli halkeillut ja käpristynyt, mutta tämä oli hyvin vähäistä, eikä haitannut pensaiden ulkonäköä. Lehtien kasvunopeudessa ei ollut eroa eri liuoskäsittelyjen välillä.

3. YMPÄRISTÖTEKIJÄT

Koska kaliunferrosyanidi ei kokeiden perusteella yksin vaikuttanut kasvien vaurioihin, pyrittiin myös selvittämään, mitkä muut tekijät mahdollisesti ovat vaikuttaneet kasvien vaurioihin. Tällaiset tekijät ovat esim. sää, teiden suolaus ja liikenteen aiheuttamat saasteet.

3.1 Sää

Ensimmäisenä tarkastelukohteena oli lämpötilojen kehitys 1970-luvulla verrattuna pitkänajan (1931...1960) keskilämpötiloihin. Tammi-, helmi- ja maaliskuun lämpötiloissa on havaittavissa lievää laskua vuosikymmenen loppua kohti. Muiden kuukausien osalta eivät lämpötilat ole laskeneet. Yleisesti 1970-luvun lämpötilat ovat liikkuneet pitkänajan lämpötilojen kummallakin puolella.

Kuukauden minimi- ja maksimilämpötilat ovat hieman laskeneet 1970-luvun loppuvuosina. Erityisen kylmä oli joulukuu 1978, jolloin saavutettiin kylmyysennätys ($-29,5^{\circ}\text{C}$). Kuitenkin jo tammikuussa 1979 lämpötila palautui normaalitasolle.

Taulukossa 4 on esitetty kuukausittaiset sademäärät Helsingissä vuosina 1970...1980 sekä lumensyvyys kuukauden viimeisenä päivänä. Taulukossa ovat myös pitkänajan (1931...1960) keskimääräiset sademäärät ja pitkänajan (1911...1960) lumensyvyyydet.

Kasvien luonnollisen huuhtoutumisen kannalta kevään saateilla on ratkaiseva merkitys. Jos keväällä ei sada vettä kasvukauden alussa, jää kasvien versoihin ja silmuihin runsaasti talven aikana kertynyttä suolakuraa ja sen mukana muita tieliikenteen aiheuttamia epäpuhtauksia. Jos talvi on myös ollut vähäsateinen, jää maaperään tavallista enemmän talvisuolauksen jäänteitä. Lisäksi alemmista maakerroksista kohoaa sinne aikaisemmin joutuneita natrium- ja kloridi-ioneita. Näin maaperän suolapitoisuus kohoaa normaalia suuremmaksi vähäsateisina keväinä.

Taulukko 4. Kuukausittaiset sademäärät (mm) ja lumensyvyys (cm) kuukauden viimeisenä päivänä Helsingissä vuosina 1970-1980 sekä pitkänajan sademäärät (1931-1960) ja lumen-
syvyudet (1911-1960).

Kuukausi	-70	-71	-72	-73	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	pitkänajan
<u>Sade (mm)</u>												
tammikuu	30,0	43,2	14,9	18,6	64,5	52,9	34,8	45,1	22,8	67,5	20,8	55
helmikuu	24,8	52,7	33,4	35,0	57,2	20,4	21,7	49,7	10,9	21,7	10,2	42
maaliskuu	61,5	44,0	24,1	44,	23,8	30,6	49,3	28,7	62,0	37,8	22,1	36
huhtikuu	83,2	14,7	63,8	59,7	14,7	60,6	22,6	112,8	33,2	27,4	31,3	42
toukokuu	25,8	8,0	36,0	34,3	33,7	27,9	34,1	19,1	3,9	22,5	64,6	37
kesäkuu	3,5	22,3	48,8	22,3	47,6	14,8	39,7	48,3	43,6	41,4	28,3	47
heinäkuu	111,0	21,1	79,5	24,1	52,2	12,8	49,5	106,2	96,8	95,6	31,1	62
elokuu	28,8	81,2	173,5	33,0	48,6	52,4	51,6	42,8	144,9	49,3	8,3	66
syyskuu	103,2	58,2	35,8	117,4	145,1	49,2	44,4	86,0	105,3	87,9	54,3	66
lokakuu	89,0	54,9	31,1	75,6	183,0	24,6	31,7	90,2	20,7	24,2	127,1	68
marraskuu	73,6	37,0	71,1	34,0	94,2	31,8	49,3	107,4	52,1	107,7	100,5	
joulukuu	76,3	44,9	42,1	50,5	114,7	57,1	61,5	48,8	9,1	40,7	88,7	62
<u>Lumi (cm)</u>												
tammikuu	34	1	20	3	34	4	20	34	17	48	9	23
helmikuu	53	25	20	15	33	13	13	61	24	50	21	34
maaliskuu	61	23	5	-	13	2	21	26	16	34	20	20

marraskuu	-	-	-	3	-	-	-	2	8	1	-	5
joulukuu	29	-	-	4	6	-	28	24	16	1	-	9

Natriumkloridi saa maassa aikaan myös pH-arvon kasvun. Tällainen alkaalisuuden kasvu vähentää maan rauta- ja mangaanipitoisuutta, jotka ovat tärkeitä alkuaineita.

Vähäsateisia keväitä on ollut 1970-luvun alussa vuosina 1971 ja 1974 sekä 1970-luvun lopussa vuosina 1978 ja 1979. Suurimmat kasvituhot ajoittuvat vuosiin 1978 ja 1979.

3.2 Talvisuolaus

Taulukossa 5 on esitetty tiesuolaukseen käytetyt suolamäärät Vantaan tiemestariپییرissä vuosina 1970-1980 (jossa koehavainnot tehtiin). Suolamäärät on ilmoitettu kalenterivuositain. Ilmoitetuista suolamäärästä suunnitteen puolet on käytetty keväällä ja puolet syksyllä.

Taulukko 5. Tiesuolaukseen käytetyt suolamäärät Vantaan tiemestariپییرissä vuosina 1970-1980.

Vuosi	Käytetyt suolamäärät tonnia
1970	1420/350 km
1971	865 "
1972	1164 "
1973	1589 "
1974	924 "
1975	1280 "
1976	1169 "
1977	1004 "
1978	1991 "
1979	2450 "
1980	2238 "
1981	1334 (1.6. mennessä)

Suolauksen kokonaismäärä on pysytellyt 1000 tonnin kummallakin puolella vuoteen 1978 saakka, jolloin tapahtui voimakas nousu suolamäärissä (1000 tonnista 2000 tonniin), minkä jälkeen suolamäärä on vielä noussut. Myös vuonna 1973 on käytetty suolaa melko paljon (1600 t). Nämä suolamäärät on käytetty Vantaan tiemestariپییرin alueella

n. 350 tiekilometrille. Vuonna 1975 kilometrimäärissä tapahtui nousua. Suolamäärien nousuun vuonna 1978 on osaltaan vaikuttanut liukkaudentorjuntakokeilu, joka aloitettiin talvikaudella 1977...1978.

3.3 Muut ympäristötekijät

Tienvarsikasvillisuuden on todettu myös muissa maissa vaurioituneen talven kuluessa. Suolauksen lisäksi syinä tähän on pidetty liikenteen aiheuttamia pyörteitä, kaasuja ja pölyä sekä kuivuutta joko yhdessä tai erikseen/1/.

Liikenteen aiheuttamat pyörteet saavat aikaan välillisesti vaurioita edistämällä kasvilehtien liiallista kuivumista. Tämä on ilmennyt erityisesti keskikaistalla olevissa kasveissa.

Pakokaasujen on todettu rajoittavan lehtihuokosten avautumismekanismin toimivuutta. Tästä on ollut seurauksena kasvien nestehukkaa ja siten ylimääräistä kuivumista.

Pöly aiheuttaa kasvien lehdille tumman pölypinnan, joka lisää auringon säteiden kuumentavaa vaikutusta sekä vaikeuttaa valon tunkeutumista lehtivihreään. Molemmilla seikoilla on kasvien kasvua vahingoittava vaikutus.

Lisäksi talvikaudella on kasvien kiusana talvikunnossapidon aiheuttamat mekaaniset vauriot sekä usein istutusalueille kasattavat lumimassat. NaCl saa maassa aikaan myös pH-arvon kasvun. Tällainen alkaalisuuden kasvu vähentää maan rauta- ja mangaanipitoisuutta, jotka ovat tärkeitä alkuaineita.

Sveitsissä on tutkittu miten eri kasvit kestävät teiden varsien suolasumua ja maapohjan suolaisuutta sekä kuivuutta /1/. Kestäviksi todettiin mm. tervaleppä (*Alnus glutinosa*), kurtturehtiruusu (*Rosa rugosa*) ja tyrni (*Hippophae rhamnoides*). Näistä tervaleppä ja kurtturehtiruusu soveltuvat myös Suomen oloihin. Suomen oloissa hyvin menestyvä ja kestävä kasvi on myös kiiltävä tuhkapensas (*Cotoneaster lucidus*).

Suomessa paljon käytettyjä tienvarsikasveja ovat esim. vuorimänty (*Pinus mugo*), kotipihlaja (*Sorbus aucuparia*), koripaju (*Salix riminalis*) ja Siperian hernepensas (*Caragana arborescens*). Sveitsiläisessä tutkimuksessa todettiin näiden kasvien olevan arkoja suolan ja kuivuuden vaikutuksille.

Kasvien suojelemiseksi liikenteen ja talvisuolauksen aiheuttamia haittoja vastaan on yleensä suositeltu seuraavia toimenpiteitä:

- kasvien pesu keväisin (ja kesäisin)
- maapohjan huuhtelu tai pesu
- kasvien lannoitus
- kestävien kasvien käyttö

Pesutekniikoiden käyttö on kallista. Lannoitus on eräissä tapauksissa erinomainen keino kasvien kasvun jatkamiseksi. Happaman lannoituksen käyttö voi olla jo riittävä kasvien elinvoimaisuuden säilyttämiseksi.

4. YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, ettei kaliumferrosyanidilla yksinään ole haitallista vaikutusta tienvarsi-kasvillisuuteen.

Vuosien 1978 ja 1979 huomattaviin kasvivaurioihin on ilmeisesti vaikuttanut poikkeuksellisen kuiva kevät yhdessä lisääntyneiden talvisuolauksen ja liikennemäärien aiheuttamien ilman epäpuhtauksien kasvun kanssa.

Talvisuola vaikuttaa tienvarsikasveihin kahdella eri tavalla. Ensinnäkin suolasumu saa varsinkin havupuissa aikaan neulasten putoamisen. Se voi aiheuttaa myös nuorten versojen kuoleamisen. Toinen suolan vaikutus mahdollisuus on sulamisvesien välityksellä. On havaittu toisinaan suolan jääneen kasvien juuristoon ja sitä kautta vaikuttaneen lehdistöön. Tosin vähäinen suolapitoisuus voi vaikuttaa kasveihin ravitsevastikin. Suurten suolapitoisuuksien ollessa kysessä sen vaikutus yhdessä pölyn ja kaasun vaikutusten kanssa saattaa aiheuttaa neulasten ja lehtien varisemista.

Miten tulevaisuudessavoidaan välttää kasvien vaurioitumista? Tähän kysymykseen saatiin tutkimuksessa eräitä viitteitä. Ensinnäkin tulisi kehittää edelleen kestävämpiä kasvilajikkeita. Nykyisin käytössä olevista kasveista ovat kestäviä esim. kiiltävä tuhkapensas, kurtttulehtiruusu ja tervaleppä. Jo olemassa olevia istutuksia voidaan suojella huuhtelemalla niitä runsaalla vedellä kasvukauden alussa, jos kevät on kuiva. Lisäksi suolavesien poisjohtamiseen tulisi kiinnittää huomiota. Suolavedet eivät saisi jäädä seisomaan kasvien juuristoalueille. Lannoitus on eräissä tapauksissa erinomainen keino kasvien kasvun jatkamiseksi. Esimerkiksi happaman lannoituksen käyttö voi olla jo riittävä kasvien elinvoimaisuuden säilyttämiseksi.

Kirjallisuusviitteet:

- /1/ PIARC, International Winter Road
Congress 1982, Davos, Dr. Walter Flückiger:
Ursachen der Schädigungen an der Autobahnvegetation
und Sanierungsmöglichkeiten

